

УДК 677.074:677.017.001.57

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА ОСЫПАЕМОСТИ НИТЕЙ ИЗ СРЕЗА ТКАНИ**

А.П.СОРКИН, В.А.БУРОВА

(Костромской государственный технологический университет)

В работе рассмотрена теоретическая сущность процесса осыпaeмости нитей из среза ткани при взаимодействии в состоянии покоя, возникающего между нитями противоположных систем, а также при действии внешних сил на нити в ткани при следующих допущениях:

- ткань выработана однослойной; нити в ней имеют цилиндрическую форму;
- расстояние между нитями каждой системы принято постоянным и заданным плотностью ткани;
- нити являются абсолютно упругими.

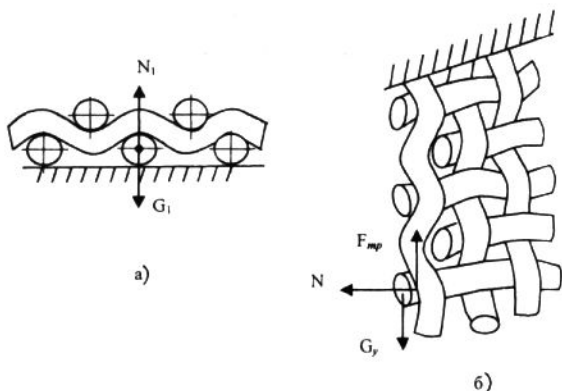


Рис. 1

Ткань, находящаяся в расправленном свободном горизонтальном состоянии, представляет собой равновесную систему, сумма сил, действующих на элементы которой, равна нулю (рис. 1-а). В процессе изготовления швейного изделия из ткани деталь кроя чаще всего находится в вертикальном положении, при этом один конец ее закреплен, другой свободно свешивается (рис.1-б). При переходе из горизонтального положения в вертикальное равновесие нитей в ткани нарушается и через

некоторое время восстанавливается, но представляется уже в ином виде.

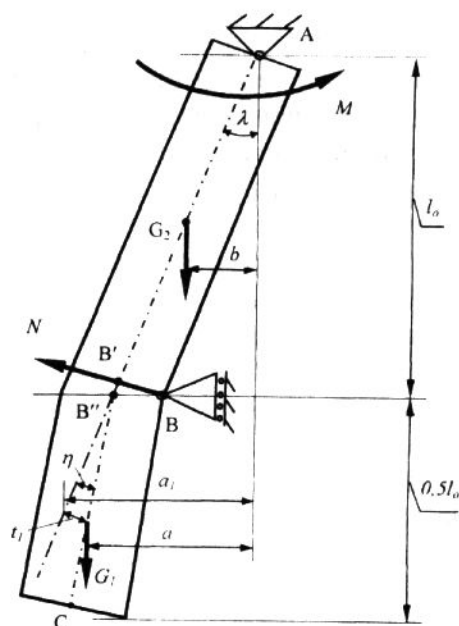


Рис. 2

Для того, чтобы произошло осыпание нити, необходимо, чтобы нить утка, ближайшая к нижнему концу ткани и имеющая вес G_y (рис. 1-б), преодолела силу трения ($F_{тр}$), возникающую между нитями противоположных систем. С целью определения силы реакции N нити утка на нить основы по схеме усилий, возникающих при их взаимодействии (рис. 2), представим в первом приближении отдельный элемент ткани – нить основы как шарнирно-закрепленную балку со свободным концом C , взаимодействующую с нитью утка в точке B . Нить утка принимаем прямолинейной и недеформированной. В связи с тем, что при взаимодействии с преды-

душей нитью утка (в точке А) нить основы была изогнута, усилие от упругих сил заменяем моментом М. Кроме момента на нить основы действует также сила тяжести G_1 на участке В''С и G_2 на участке АВ'. Участком основы В'В'' пренебрегаем по причине его малости.

В соответствии с законом Амонтона:

$$F_{тр} = fN, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения между нитями основы и утка.

Уравнение моментов относительно точки А имеет вид:

$$\sum M_A = N\ell_o - M - G_2b - G_1a = 0, \quad (2)$$

где ℓ_o – длина нити основы на участке АВ'; b – плечо силы G_2 ; a – плечо силы G_1 ; λ – угол наклона основной нити к вертикали.

$$\lambda = 2\arctg(\ell_o - \sqrt{\ell_o^2 - 4(r_o + r_y)h_o + h_o^2}) / (4(r_o + r_y) - h_o), \quad (8)$$

где r_o, r_y – радиусы соответственно нитей основы и утка; h_o – высота волны по основе:

$$h_o = \frac{d_o + d_y}{2} K_{ho}, \quad (9)$$

$$r_o = 0,5d_o = 0,03162S\sqrt{T_o}, \quad (10)$$

$$r_y = 0,5d_y = 0,03162S\sqrt{T_y}, \quad (11)$$

где d_o, d_y – диаметры соответственно нитей основы и утка; S – коэффициент, зависящий от рода волокна; K_{ho} – коэффициент, учитывающий изменение высоты волны нитей основы в зависимости от порядка фазы строения:

$$K_{ho} = 0,25(\Phi - 1), \quad (12)$$

где Φ – фаза строения ткани, порядок которой предлагается выбрать.

Из-за малости угла η плечо a действия силы G_1 можно принять равным

$$a = a_1 - t_1. \quad (13)$$

Из уравнения (2) следует:

$$N = (M + G_2b + G_1a) / \ell'_o, \quad (3)$$

$$\text{где } \ell'_o = \ell_o / \cos \lambda; \quad (4)$$

$$G_2 = \ell'_o T_o g; \quad (5)$$

T_o – линейная плотность нити основы; g – ускорение свободного падения.

Приняв $B''C = 0,5AB'$ и соответственно

$$G_1 \approx 0,5G_2, \quad (6)$$

получим:

$$b = 0,5\ell_o \operatorname{tg} \lambda. \quad (7)$$

Угол наклона λ определяется геометрией взаимного расположения нитей основы и утка и рассчитывается по формуле [1]:

$$\text{где } a_1 = (\ell_o + 0,25\ell_o) \operatorname{tg} \lambda = 1,25 \operatorname{tg} \lambda. \quad (14)$$

Прогиб t_1 в точке приложения силы G_1 в данном случае определяется как прогиб консольной балки с длиной консоли, равной половине длины участка В''С или $0,25\ell'_o$, поскольку его центр тяжести находится на середине этого участка.

Таким образом, прогиб определяется в соответствии с известной зависимостью [2]:

$$t_1 = \frac{P\ell^3}{3EI}, \quad (15)$$

где P – приложенная сила (в данном случае $P = G_1 \sin \lambda$); ℓ – плечо действия силы P ($\ell = 0,25\ell'_o = 0,25\ell_o / \cos \lambda$); EI – жесткость нити на изгиб.

Следовательно,

$$t_1 = (G_1 \sin \lambda (0,25\ell_o / \cos \lambda)^3) / 3EI. \quad (16)$$

Вычисление момента M от изгиба нити

основы в ткани является сложной задачей в связи с необходимостью учета вязкоупругих свойств, которыми обладают нити, а также влияния релаксации и сминаемости нитей в процессе формирования ткани и после отлежки. Вследствие этого на данном этапе момент M определялся расчетным путем с учетом (1) и (3) через силу трения, необходимую для вытаскивания нити из ткани, которая определялась экспериментально. Эксперимент проводили на льняных тканях полотняного переплетения близкого заполнения, но различной плотности.

Жесткость нити на изгиб рассчитана по [2] с помощью экспериментального определения прогиба консольной части нити от собственного веса.

Значения коэффициентов трения нитей определяли по методике [3] и они составили: льняные по хлопковым 0,26; льняные по льняным 0,17; хлопковые по хлопковым 0,32.

Проведенные расчеты показали, что в значительной степени величина силы трения, а следовательно, и устойчивости ткани к осыпанию нитей определяется величиной момента от изгиба нити в ткани. Влияние веса нити на осыпание оказывается незначительным. При этом момент от изгиба нити в ткани можно представить как некоторую интегральную функцию, зависящую от ряда факторов: волокнистого состава нитей, плотности ткани и переплетения. Для определенной группы тканей в первом приближении ее можно представить как некоторую постоянную величину.

На основании расчетов значений моментов для группы льняных тканей полотняного переплетения с близкими значениями заполнения, но различными значениями плотности T , построена зависимость момента M , вызванного изгибом нити в ткани, от линейной плотности нитей (рис. 3), которую можно использовать для оценки осыпаемости нитей в тканях льняного ассортимента.

Адекватность полученной модели подтверждена коэффициентом несовпадения Тейла – 0,12, рассчитанным на основании

сравнения значений силы трения для группы тканей различного переплетения, полученных по математической модели и экспериментально.

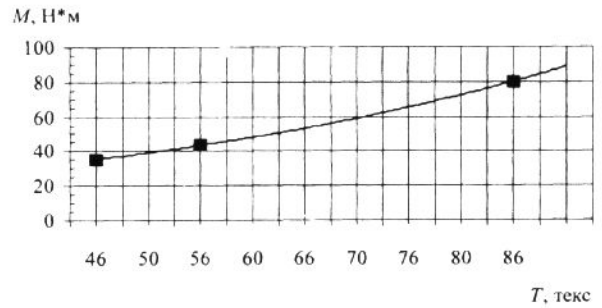


Рис. 3

Как показывают результаты расчетов, вес G_y нити, которая могла бы выпасть из ткани, значительно меньше силы трения между нитями противоположных систем. Следовательно, рассмотренные ткани, находящиеся в покое в подвешенном состоянии, не должны осыпаться, что и имеет место в действительности.

Для того, чтобы нить выпала из ткани, необходимо приложить внешнюю силу, которая изменила бы состояние нитей в ткани, вызывая их смещение относительно друг друга. Эта внешняя сила может быть различна по природе, например, сила трения, которая возникает при движении одного тела по поверхности другого; сила инерции при ударе, проявляющаяся в момент соприкосновения среза ткани с неподвижными предметами, например, при падении детали с раскройного стола; сила встряхивания – как следствие движения и резкого останова одного из концов при продолжающемся движении другого.

Результаты расчетов, подтвержденные экспериментальными исследованиями, показали, что ткань не может осыпаться при трении ткани о ткань или о любую другую поверхность, а также при ударе среза ткани при падении с высоты стола. Выпадение нити из среза оказалось возможным лишь при встряхивании ткани. В этом случае при резком останове одного из концов ткани свободный конец продолжает движение.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель состояния нитей в ткани, позволившая установить, что основным фактором, предохраняющим край ткани от разрушения, является момент от изгиба нитей в ткани, который можно интерпретировать как интегральную функцию от соотношения волокнистого состава пряжи, линейной плотности нитей, поверхностной плотности и вида переплетения ткани.

2. Установлено, что основной причиной выпадения уточных нитей из ткани является сила, действующая на них при резком встряхивании материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лустгартен Н.В.* Разработка методов оптимизации и стабилизации технологического режима процессов образования ткани: Дис....докт. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 1983.

2. *Писаренко Г.В., Яковлев А.П., Матвеев В.В.* Справочник по сопротивлению материалов. – 2-е изд., – Киев: Наук. думка, 1988.

3. *Крутикова В.Р., Ямщиков С.В.* Технология поперечновязаного трикотажа: Учебное пособие. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2000.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 31.03.04.
